

Eixo B - Mudanças climáticas, proteção dos mananciais e tecnologias de tratamento de água

## ECOTOXICIDADE DE ESGOTO TRATADO COMO UM PARÂMETRO OPERACIONAL EM ETES

**Gabriela Cristina Fonseca Almeida**

Mestranda, Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, Rua Paschoal Marmo nº 1888/ Limeira - SP e e-mail: gabicf.almeid@gmail.com

**Gisela de Aragão Umbuzeiro**

Profa. Titular, Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, Rua Paschoal Marmo nº 1888/Limeira - SP e-mail: giselau@unicamp.br

### ABSTRACT

Aquatic ecosystems are used as destination of urban effluents. According to Brazilian regulation, final effluents must not have the potential to cause impact on the receiving body and, to assess this impact, toxicity tests are required. The objective of this work was to evaluate the acute toxicity with *Daphnia similis* and chronic with *Ceriodaphnia dubia* of final effluents from 4 sewage plants (ETEs, named A, B, C and D) from Campinas, SP, Brazil, with different treatments' levels. Six monthly campaigns were carried out in 2022 and samples were collected before and after chlorination. The effluents from ETE B showed acute toxicity in all campaigns, and effluents from ETE A and C showed acute toxicity in at least one campaign, but with low toxicity (EC50, 48h >50%). Chronic toxicity was detected in all effluents, except in ETE D (reuse water production station) indicating the great efficiency of the treatment of membrane bioreactors (MBR). Acute tests with fish embryos (FET) will be performed to compare the results of tests with cladocerans. The evaluation of the impact potential of the effluents will also be carried out based on the average of effluent discharges and in reference to the respective receiving bodies.

**KEY-WORDS:** Ecotoxicity. Sewage treatment. Environment.

### 1. INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) são utilizadas para tratar o esgoto sanitário com o intuito de reduzir os impactos das emissões na qualidade nos corpos d'água (ROGOWSKA *et al.*, 2019). No entanto, a literatura destaca a bioacumulação e efeitos tóxicos de contaminantes nos ambientes aquáticos causados pelo despejo de efluentes urbanos no ambiente (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; DODDER *et al.*, 2014). Testes de toxicidade são importantes ferramentas para avaliar a qualidade das águas e a carga poluidora de efluentes, uma vez que somente as análises físico-químicas não são suficientes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes (COSTA *et al.*, 2008).

A Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), que define no *caput* do artigo 18 que o "efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente" (BRASIL, 2011). O controle ecotoxicológico de efluentes líquidos deve ser exigido no caso do lançamento nos corpos de água doce pertencentes às classes 1, 2 e 3, e nas águas marinhas ou salobras de classes 1 e 2, da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Os microcrustáceos *D. similis* e *C. dubia* pertencem a ordem Cladocera e são bastante utilizados em testes de toxicidade, porque são amplamente distribuídos nos corpos d'água doce, possuem um ciclo de vida relativamente curto, são facilmente cultivados em laboratório, sensíveis a vários contaminantes do ambiente aquático. Além disso tem sua biologia amplamente estudada e tem importante papel na comunidade zooplânctônica em todo o mundo e, devido ao seu pequeno tamanho, necessitam de menores volumes de amostras-teste e água de diluição (BLAISE; FÉRARD, 2005; RODGHER; ESPÍNDOLA, 2008). A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) recomenda a utilização desses organismos no controle de efluentes pois dentre os organismos teste avaliados ele foi o mais sensível (BERTOLETTI, 2013).

O tratamento de esgotos sanitários e o lançamento dos respectivos efluentes tratados em corpos receptores tem sido utilizado como uma alternativa sustentável para evitar impactos no meio aquático. É importante que as ETEs operem eficientemente e que os efluentes alcancem os limites permissíveis de toxicidade definidos pela legislação em vigor ou, quando os efluentes são lançados em corpos de água onde a toxicidade não é exigida (classe 4) forneçam dados para futuros cenários de qualidade dos corpos receptores. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a toxicidade aguda utilizando *D. similis* e crônica com *C. dubia* de efluentes finais provenientes de esgoto urbano de diferentes estações de tratamento, antes e após a desinfecção quando for o caso.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 AMOSTRAGEM E COLETA

Foram coletadas seis amostras de efluentes em quatro Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) localizadas no município de Campinas (SP), Brasil, que utilizam quatro tratamentos diferentes (tabela 1). Em dois casos, as coletas foram realizadas antes e após o processo de desinfecção por cloração. As amostras foram coletadas de fevereiro de 2022 à junho de 2022. As coletas e preservação das amostras foram realizadas seguindo as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2011).

**Tabela 1** - ETEs cujo efluentes finais foram amostrados, vazão média do efluente final e tipos de tratamento empregados.

ETE	Vazão média L/s	Tipos de Tratamento
A	457	Reatores UASB seguido por Lodos Ativados e Decantação, e recebe caminhões com efluentes de diferentes origens.
B	16,10	Tratamento biológico (lodos ativados por batelada) e Desinfecção com hipoclorito de sódio.
C	70,7	Reatores UASB seguido de Câmara Anóxica, Filtro Biológico Aerado Submerso, Decantador secundário e Desinfecção com hipoclorito de sódio.
D (EPAR <sup>a</sup> )	270	Reatores biológicos com membranas (Membrane Bio Reactor, MBR) com remoção de nitrogênio e fósforo seguido de membrana filtrante.

FONTE: Comunicação pessoal dos técnicos das ETEs.

NOTA: <sup>a</sup>EPAR, Estação produtora de água de reuso

### 2.2 TESTES DE TOXICIDADE

Foram realizados testes agudos de todas as amostras coletadas. Foi selecionada a primeira campanha de coleta para realização dos testes crônicos e apenas nas amostras que não apresentaram toxicidade aguda. Os testes agudos seguiram as recomendações da ABNT NBR 12713 (ABNT, 2016). Utilizou-se organismos de idades entre 6 e 24 horas, de fêmeas com idade entre 7 e 28 dias. Cinco neonatos foram expostos para cada uma das diluições testadas, sendo: 6,75; 12,5; 25; 50; 75 e 100% e controle negativo (Meio MS). Os testes foram realizados em quadruplicada e mantidos em temperatura de 20 ± 2°C, fotoperíodo de 16:8 h (claro/escuro) e nenhum alimento foi adicionado. Após 48h, o número de neonatos móveis e imóveis foram contabilizados. O teste foi considerado válido quando a taxa de imobilização foi menor ou igual 10% no grupo do controle. O efeito observado foi a imobilidade, expressando-se os resultados em relação à concentração da amostra CE50;48h. Os testes de toxicidade crônica com *C. dubia* seguiram as recomendações da norma técnica ABNT 13373 (2017) e do protocolo da U.S. EPA - Method 1002.0 (2002). Os ensaios foram realizados somente com as amostras que não apresentaram toxicidade aguda. Utilizou-se 10 réplicas com 15 mL de solução-teste de cada diluição (6,75; 12,5; 25; 50 e 100%), além do controle (meio ABNT).

Adicionou-se um organismo por recipiente-teste, já com alimento; a alga *Raphidocelis subcapitata* (de  $2,0 \times 10^6$  cel/mL por organismo), além do alimento composto preparado de ração fermentada de truta (Tetramin®) com a adição de fermento biológico (Fleischmann). O ensaio foi mantido com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo de 16:8 h (claro/escuro). As soluções-teste foram renovadas duas vezes e, nas renovações, registou-se o número de neonatos e de organismos adultos sobreviventes em cada recipiente-teste. Os testes foram levados até o oitavo dia e os organismos foram alimentados diariamente. Ao final do teste, o número médio de neonatos produzido por fêmea, que não morreu durante o teste, foi utilizado para o cálculo da concentração de inibição 10% (CI10). A sensibilidade das culturas utilizadas nos testes foi monitorada com substância de referência (NaCl,  $\geq 99.0\%$  pureza, Sigma Aldrich).

### 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos a análises estatísticas para calcular a concentração de efeito 50% CE50;48h dos testes agudos e da concentração de inibição 10% (CI10, 7d) dos testes crônicos, utilizando os métodos *Trimmed Spearman-Kärber* e Interpolação Linear, respectivamente, utilizando os JSPEAR e ICPIN (HAMILTON; RUSSO; THURFTON, 1977; NORBERT-KING, 1993).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efluentes da ETE A apresentaram toxicidade aguda apenas na segunda campanha (tabela 2). Porém a amostra da campanha 1, apresentou toxicidade crônica (tabela 3). A ETE B apresentou baixa toxicidade aguda (CE50, 48h  $>50\%$ ) em todas as campanhas. Por razões técnicas, não houve cloração do efluente na campanha 4 (tabela 2). A ETE C apresentou toxicidade apenas da segunda campanha (tabela 2), porém apresentou toxicidade crônica na primeira campanha (tabela 3). A ETE D não apresentou toxicidade aguda em nenhuma campanha de coleta (tabela 2) e foi a única ETE que não apresentou toxicidade crônica (tabela 3) indicando sua efetividade no tratamento do esgoto.

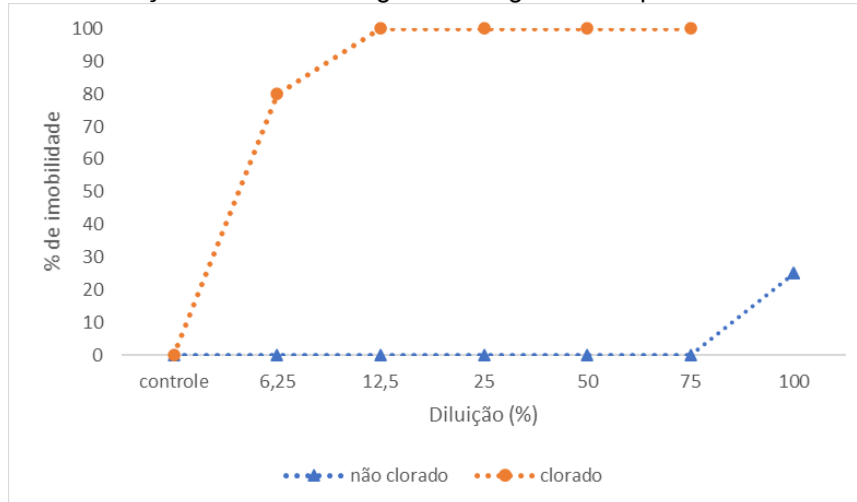
**Tabela 2-** Resultados dos testes de toxicidade aguda com *D. similis* nas campanhas de coleta.

ETEs	CAMPANHAS					
	1	2	3	4	5	6
<b>A</b>	Não tóxico	77% (60,56-97,99)	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
<b>B</b>						60,8% (55,22-67,04)
(pré-cloração)	93,5% (86,84-100,63)	91,8% (86,25-97,77)	62,7% (58,11-67,78)	100% (não calculado)	90% (83,01-97,73)	
(pós-cloração)	95,1% (não calculado)	Tóxico 25% efeito na máxima concentração	63,8% (58,83-69,31)	-	88% (84,80-91,69)	75,4% (69,88-81-34)
<b>C</b>						
(pré-cloração)	Não Tóxico	Tóxico 25% de efeito na máxima concentração	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
(pós-cloração)	Não tóxico	Tóxico (<6,75%)	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico
<b>D</b>						
	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não tóxico	Não Tóxico

Em geral, a cloração não afetou a toxicidade aguda (tabela 2), com exceção do efluente da ETE C da segunda campanha (figura 1). Conforme relatado pelos técnicos, houve um vazamento na tubulação que alimenta o tanque que comporta a câmara anóxica e o filtro biológico aerado submerso que levou

a um *by-pass* desse sistema, tendo sido mantido, contudo, o tratamento anaeróbio no reator UASB. Dessa forma, para garantir a adequada desinfecção do efluente, foi aumentada a concentração de hipoclorito de sódio para 6 mg/L o que provavelmente foi a causa do aumento da toxicidade do efluente final. Estudos na literatura mostram que a desinfecção de efluentes de águas residuais com hipoclorito de sódio aumenta a toxicidade (EMMANUEL *et al.*, 2004; PIGNATA *et al.*, 2012). Já no teste crônico observou-se uma redução da toxicidade na amostra pós-cloração (tabela 3).

**Figura 1** – Efeito da cloração na toxicidade aguda da segunda campanha da ETE C.



**Tabela 3-** Resultados dos testes de toxicidade crônica para os efluentes que não apresentaram toxicidade aguda na primeira campanha de coleta.

CAMPANHA	CI10, 7 d expresso em % (intervalo de confiança)			ETE D
	ETE A	ETE C (pré-cloração)	ETE C (pós-cloração)	
1	3,02% (1,43-7,55)	0,96% (0,83-1,37)	13,75% (2,35-13,75)	Não tóxico

#### 4. CONCLUSÕES E ESTUDOS FUTUROS

Os efluentes da ETE B apresentaram toxicidade aguda em todas as campanhas, e os efluentes da ETE A e C apresentaram toxicidade aguda em pelo menos uma campanha. Toxicidade crônica foi detectada em todos os efluentes, exceto na ETE D (estação produtora de água de reuso) indicando a grande eficiência do tratamento dos biorreatores com membranas (MBR). Testes agudos com embriões de peixes (FET) serão realizados para comparação com os resultados dos testes com cladóceros. Será também feita a avaliação do potencial de impacto dos efluentes com base nas vazões médias dos lançamentos e da vazão de referência dos respectivos corpos receptores.

**Agradecimentos:** Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento (SANASA), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP processo 021/01204-5).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp. (Crustacea, Cladocera)*. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13373: Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera)*. Rio de Janeiro, 2017.

APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW*. American Public Health Association – APHA, 20th ed., Washington – USA, 2001.

BERTOLETTI, E. *Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no Estado de São Paulo*. 2ª Edição. São Paulo: CETESB, Série Manuais, 2013.

BRASIL. Resolução CONAMA n°. 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf). Acesso em: 1 mar. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA n°. 430, de 13 de maio de 2011. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA*. Disponível em: [https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA\\_n.430.2011.pdf](https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf). Acesso em: 1 mar. 2022.

BLAISE, C.; FÉRARD, J. F. (Eds). *Small-scale Freshwater Toxicity Investigations. Toxicity Test Methods*. Editora: Springer, 2005.

COSTA, C. R. *et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação*. *Quim. Nova*, v. 31, n. 7, p. 1820–1830, 2008.

DODDER, N. G. *et al. Occurrence of contaminants of emerging concern in mussels (Mytilus spp.) along the California coast and the influence of land use, storm water discharge, and treated wastewater effluent*. *Mar. Pollut. Bull.* v. 81, p. 340–346.

EMMANUEL, E. *et al. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater*. *Environment International*, v. 30, n. 7, p. 891–900, 2004.

FENT, K., WESTON, A., CAMINADA, D. *Ecotoxicology of human pharmaceuticals*. *Aquat. Toxicol.* v. 76, p. 122–159, 2006.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURFTON, R. B. *Trimmed Spearman - Karber method for estimating median lethal concentration in toxicity bioassays*. *Environmental Science and Technology*, *Easton*, v. 11, p. 714-719, 1977.

NORBERG-KING, T. J. *A linear interpolation method for sublethal toxicity: the inhibition concentration (ICp) approach*. Version 2.0. National Effluent Toxicity Assessment Centre. Technical Report 03-93. Duluth, M.N., 1993.

PIGNATA, C. *et al. Chlorination in a wastewater treatment plant: acute toxicity effects of the effluent and of the recipient water body*. *Environ Monit Assess.*, v. 184, p. 2091–2103, 2012.

RODGHER, S., ESPÍNDOLA, E. L. G. *Effects of interactions between algal densities and cadmium concentrations on Ceriodaphnia dubia fecundity and survival*. *Ecotoxicol Environmental Safety*, v. 71, p. 765 -773, 2008.